

中国石油大厦复合土钉支护现场监测与分析

杨耀辉 马昕 周予启

(中建一局建设发展公司,北京 100102)

【摘要】 桩锚与土钉复合支护在国内得到广泛地应用,但其分析理论和设计方法尚欠不足,实践远超过理论。结合北京中国石油大厦深基坑支护工程,介绍了桩锚-土钉复合支护内力的监测方案。通过对复合土钉支护中桩、锚杆、土钉受力的现场测试和分析,研究了桩锚-土钉复合支护各部分的受力机理,对深入认识桩锚-土钉复合支护的受力机理和桩锚-土钉复合支护结构的优化设计提供参考。

【关键词】 复合土钉支护;护坡桩内力;锚杆拉力;土钉拉力;现场实测

【中图分类号】 TU 431

Field Measurements and Theoretical Analysis on Internal Force of Composite Soil-nailing at Zhongshiyou Foundation Pit

Yang Yaohui Ma Xin Zhou Yuqi

(China Construction First Division Construction & Development Co., Beijing 100102 China)

【Abstract】 The internal force measurement scheme of pile-anchor composite soil nailing is described and applied to the deep foundation pit of Zhongshiyou building. A field investigation and data collection is carried out to monitor the performance of this type of composite soil nailing. The force behaviors of composite soil nailing during construction and in service are further investigated based on field measurements.

【Key Words】 composite soil nailing; internal force of pile; axis force of anchor; axis force of soil nails; field measurements

0 引言

深基坑工程现场监测工作越来越受重视。目前在城市中开挖深基坑面临很多问题。例如,场地狭窄,工程地质和水文地质条件复杂,各种市政管线和人防设施分布错综复杂,周围道路、建筑物分布密集等。深基坑支护的理论和分析计算方法又很不完善,现场监测数据也比较少。结合实际工程进行现场监测研究,不断积累现场监测数据,为理论分析和设计计算提供依据,具有很重要的理论意义和实用价值^[1-3]。

1 工程概况

拟建中国石油大厦位于东直门立交桥西北角,建筑用地范围东起东直门北顺城街,西至东二环西辅路,南起东直门内大街,北至东使馆南路。拟建办公楼,总建筑面积 200 838 m²,地上 22 层,地下四层,基坑深度 18.71 m。本工程±0.00=43.70 m,室内外高差为 0.15 m,基础埋深为-19.41 m,场地

地面标高为 43.00 m。基坑西侧紧邻东二环西辅路,该路边集中埋设了雨污水管,与围墙一路之隔的民安危改小区建筑高度达 38.4 m,设两层地下室,地面建筑物外边线距离现围墙约 17 m。基坑南边线距东直门内大街 24 m,基坑北边线距东使馆南路 17 m。根据对多种支护方案的比较,最终确定采取上部 10 m 土钉支护、下部护坡桩加锚杆支护的复合支护型式。

本工程拟建场区位于永定河冲洪积扇的中下部。除上部的人工填土外,以下为第四纪沉积的土层,以粘性土、粉土与砂土、碎(卵)石土交互层为主。地形基本平坦,从空间分布上划分为 8 个大层,各土层的基本岩性特征见表 1。

本场地地下水位埋深为 13 m 至 14 m,地下水类型为潜水,施工中采用了大口管井进行封闭降水的方案,井深 35 m,井距 8 m。

表1 地层分布及主要特点

序号	土层名称	各大大层顶标高/m	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /($^{\circ}$)
1	房渣土①、素填土① ₁	42.70~44.44	10	15
2	粘质粉土②、② ₁	39.24~41.85	15	30
3	中细砂③、粉砂③ ₁ 、圆砾③ ₂ 、卵石③ ₃	23.47~33.74	0	34
4	粉质粘土④、粘土④ ₁ 、④ ₂	22.08~27.80	15	30
5	中细砂⑤、圆砾⑤ ₁	16.80~21.12	0	35
6	砂质粉土⑥、粉质粘土⑥ ₁	13.65~18.72	17	30
7	卵石⑦、中细砂⑦ ₁	13.80~22.34	0	40
8	卵石、圆砾⑧、细砂、中砂⑧ ₁	-2.22~2.05	0	42

2 监测方案

根据本工程现场平面特点、支护形式等因素,拟进行3个断面的测试,测试断面定在西侧的B-B、南侧的C-C和东侧的E-E剖面(见图1)。

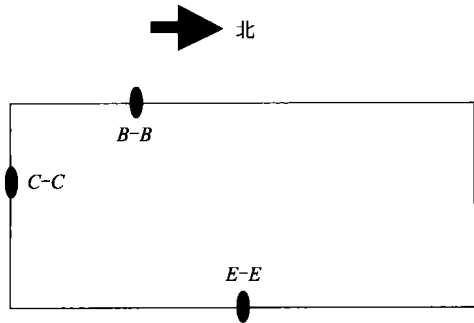


图1 基坑平面及测试剖面位置图

2.1 C-C、E-E剖面土钉拉力监测

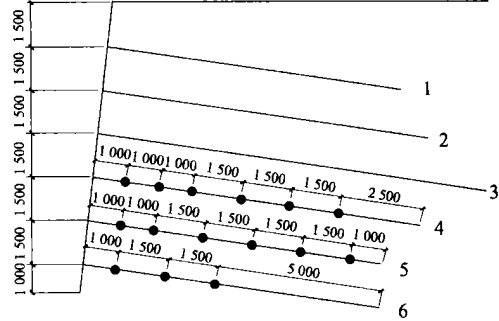
根据现场实际进度,上部的3排土钉已经施工完毕,因此只进行了下部3排土钉的拉力监测。根据土钉的长度,拟定在第4、5、6排土钉上各布设6个测点,实际安装过程中,由于钢筋计的损坏,在第6排土钉上只布设3个测点。3道土钉、2个剖面共计30个测点。测点布置见图2(a)。C-C剖面4、5、6道土钉分别于2004年12月21日、2005年1月7日、1月11日安装完成。E-E剖面4、5、6道土钉分别于2004年12月29日、2005年1月2日、1月7日安装完成。

2.2 B-B、C-C、E-E剖面护坡桩内钢筋受力监测

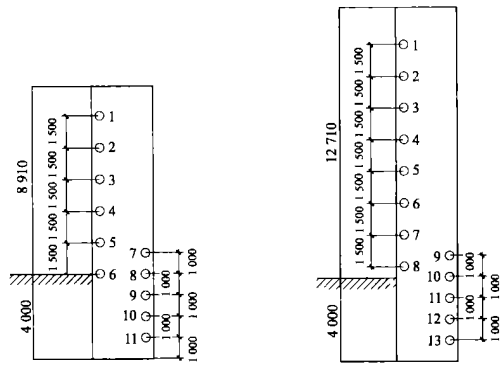
根据护坡桩长度、配筋情况,在B-B剖面布设13个测点,C-C、E-E剖面各布设11个测点,3个剖面共布设35个测点,测点布置见图2(b)、2(c)。B-B、C-C、E-E剖面护坡桩内钢筋计分别于2005年1月5日、1月28日、1月21日安装完成。

根据锚杆道数、锚杆设计拉力及预加拉力,以及过去积累的监测经验,在B-B、C-C、E-E剖面护坡桩的2道锚杆上各布设锚头拉力传感器1个,3个剖面共6个锚头传感器,锚头传感器布设见图3。

B-B剖面第1、2道锚杆分别于2005年1月25日、3月18日安装完成并张拉锁定。C-C剖面第1、2道锚杆分别于2005年2月16日、3月16日安装完成并张拉锁定。E-E剖面第1、2道锚杆分别于2005年3月2日、3月23日安装完成并张拉锁定。



(a) 土钉测点布置



(b) C-C、E-E剖面测点布置

(c) B-B剖面测点布置

图2 测点布置图

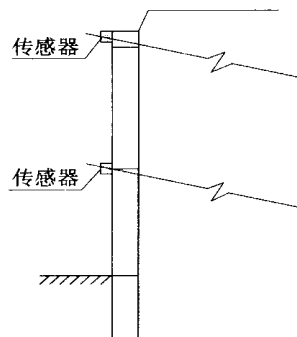
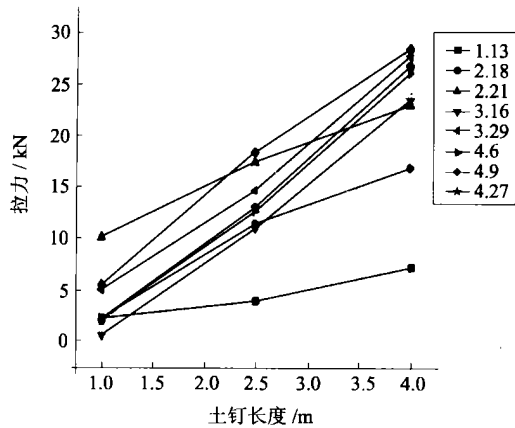


图3 锚头传感器布置图

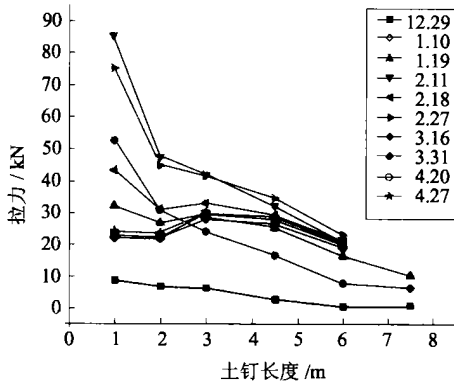
3 监测成果及分析

3.1 土钉监测成果及分析

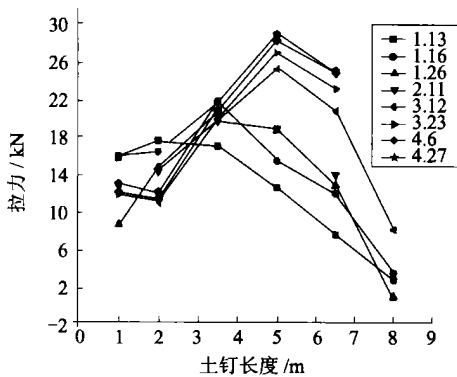
土钉钢筋计安装完成后,根据开挖步骤及工程进度,及时对土钉的拉力进行了监测,整理得到土钉随土方开挖及时间的拉力分布曲线。因篇幅所限,本文只列出 C-C 剖面各道土钉的拉力分布图(见图 4)。



(a) C-C 剖面第 6 道土钉



(b) C-C 剖面第 4 道土钉



(c) C-C 剖面第 5 道土钉

图 4 土钉拉力分布曲线

从图中可以看出:

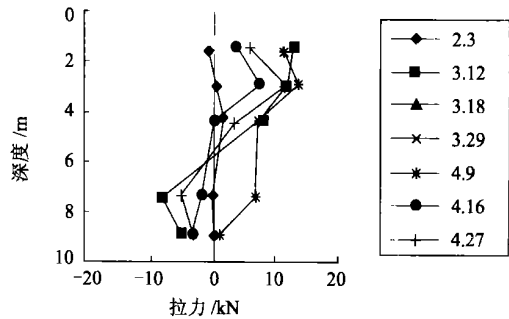
- 1) 基坑开挖时,靠近面层的测点拉力最大,然后逐渐向土钉中部转移;
- 2) 在最后稳定时,拉力分布呈中间大,两头小的

形式,第 6 道土钉由于测点较少未能看到这种趋势;

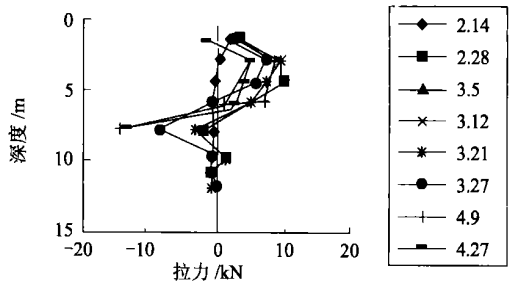
3) 这三道土钉在稳定后的最大拉力都是 30 kN 左右,相差很少且发生最大拉力的位置都在 4~5 m 范围内,这与传统的认识差别较大^[4,5],与按文献[6]、文献[7]方法的得到的计算结果亦有很大不同,说明现行土钉计算方法亟需完善。

3.2 护坡桩监测成果及分析

钢筋应力计埋设后及第一道锚头传感器安装后,根据土方开挖情况和工程进度,及时对护坡桩内钢筋受力进行监测,经整理得到护坡桩内钢筋受力随土方开挖和时间的变化情况(见图 5)。



(a) E-E 剖面桩内钢筋拉力-深度曲线



(b) C-C 剖面桩内钢筋拉力-深度曲线

图 5 桩钢筋拉力-深度曲线

1) 就本次测试的数据来看,护坡桩内的钢筋受力很小。B-B、C-C、E-E 剖面护坡桩坑内侧钢筋受到的最大拉力分别为 26.64、11.74、13 kN,坑外侧钢筋受到的最大拉力分别为 1.85、1.42、2.30 kN,这说明钢筋的强度还远未得到发挥。

2) 从桩内钢筋受力随时间的发展过程来看,存在以下规律:

① 在第二道锚杆张拉锁定以前,随着基坑向下开挖桩的临坑面和迎土面钢筋受力都逐步增大,从图 5 中可看出,临坑面钢筋受力增大幅度较明显,而迎土面增大幅度较低。这说明临坑面的正弯矩和迎土面的负弯矩都在增大。

② 第二道锚杆张拉锁定后,桩顶至第二道锚杆之间临坑面受拉钢筋受到的拉力及受拉区的范围大大减小,而第二层锚杆以下迎土面的钢筋受到的拉

力却在增大。这说明第二道锚杆的张拉使临坑面的正弯矩减小,迎土面的负弯矩增大,说明第二层锚杆设置后改变了桩的受力状态。

3.3 锚杆监测成果及分析

锚杆传感器张拉锁定后,随着土体的开挖,及时对锚杆的拉力进行了监测,整理得到锚杆拉力随时间的变化曲线(见图6)。

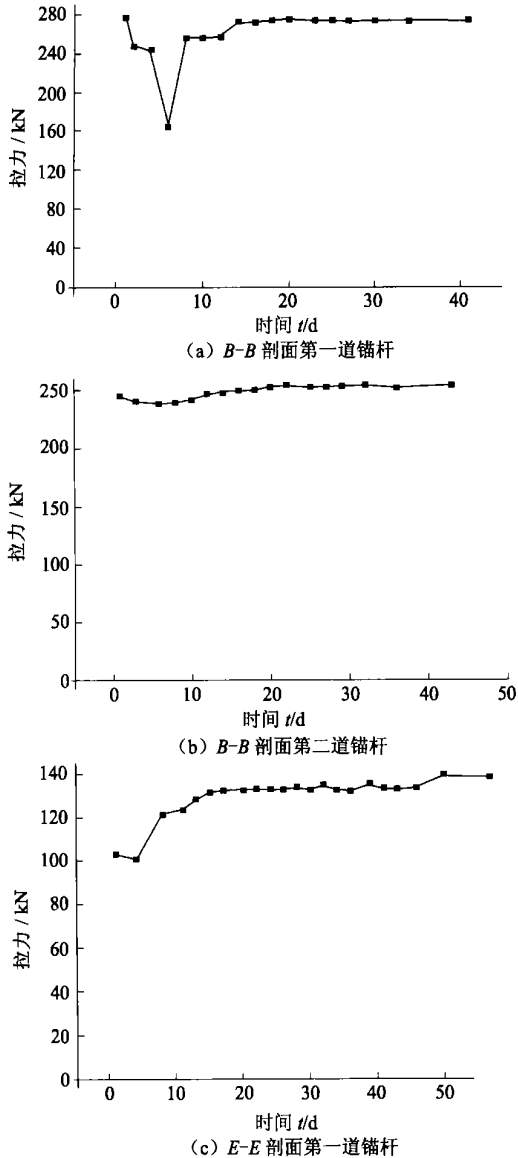


图6 锚杆拉力—时间曲线

测试表明:

1)张拉锁定时锚杆的预应力损失很明显,这与文献[8]的测试结果相吻合。 $C-C$ 剖面第1、2道锚杆有42%的预应力损失, $B-B$ 剖面第1、2道锚杆分别有26%、37%的预应力损失, $E-E$ 剖面两道锚杆也有约24%的预应力损失。究其原因,主要是锚片

的滑移所致,这可通过采用双活塞的张拉机克服。

2)锚杆的预应力在张拉锁定后2~3两天内也会有一定的损失,损失值在3%~11%之间,随着土体的开挖,锚杆开始发挥作用,拉力开始上升,但增幅并不大。

3)第二道锚杆的张拉锁定对第一道锚杆几乎没有影响。

4)监测数据表明,本工程锚杆在工作过程中实际承受的拉力仅为理论计算值的1/3~1/2。

4 结论

1)土钉安装后,随着开挖的进行,其拉力逐渐增加。开挖完成瞬间,土钉内力呈端部大沿长度逐渐减小的分布形式;随着时间的推移,土钉端部内力逐渐向土钉中部转移,稳定后土钉内力分布呈中间大,两端小的形式。基坑中部和底部土钉受到的最大拉力很接近,且发生最大拉力的位置也很接近,这与对土钉的传统认识差别较大。

2)护坡桩总体受力很小。第二道锚杆的张拉锁定改变了桩的受力状态。

3)锚杆预应力在张拉锁定时有很大损失,可通过采用双活塞张拉机克服。随着土体开挖,锚杆拉力逐渐增大,但增加幅度很小。

4)锚杆实际拉力明显低于计算值。

参 考 文 献

- [1] Cu· C· Y, Liao· J· T, Cheng· W· L. Building response and ground movements induced by a deep excavation[J]. Geotechnique 2000, 50(3): 209-220.
- [2] 郝文朝,高华东. 北京城铁东直门车站土压力现场监测[J]. 建筑技术, 2003, 34(2): 113-114.
- [3] 陆培毅,顾晓鲁,钱 征. 天津港务局综合业务深基坑支护与监测[J]. 岩土工程学报, 1999, 21(3): 323-327.
- [4] 段建立,谭跃虎,樊有维,等. 复合土钉支护的现场测试研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(12): 2128-2132.
- [5] 陈肇元,崔京浩主编. 土钉支护在基坑工程中的应用(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000: 210-218.
- [6] JGJ 120-99 建筑基坑支护技术规程[S].
- [7] CECS-96 基坑土钉支护技术规程[S].
- [8] 张建龙,胡辉,尹敬泽. 预应力锚杆在张拉锁定时的应力损失问题[J]. 施工技术, 2001, 30(1): 24-25.

收稿日期: 2005-10-30